

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**ZAVRŠNI RAD**

**Petar Knezović**

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Predrag Čosić, dipl. ing.

Student:

Petar Knezović

Zagreb, 2019.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Predragu Čosiću koji mi je pomogao svojim savjetima pri izradi ovog rada, i što je uvijek imao strpljenja i vremena za moje brojne upite.

Posebnu zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji koja me je uvijek podržavala i upućivala na pravi put.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigao pripisujem svojim roditeljima, koji su uvijek bili tu, uz mene i za mene. Hvala vam od srca.

Petar Knezović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student:

**Petar Knezović**

Mat. br.: 0035196963

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Odabir značajki električnog "longboard" transportnog sredstva za  
planiranu proizvodnju**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**Characteristics selection of electrical "longboard" for planned  
production**

Opis zadatka:

U zadatku dati:

1. Prikaz tržišno prisutnih tipova "longboard" rekreacijskog vozila sa značajkama
2. Prikaz osnovnih dijelova "longboard" vozila
3. Prikaz područja podrške odlučivanja pri višekriterijalnom optimiranju razmatranog stabla odlučivanja
4. Definirati kriterije/podkriterije za odabir optimalnog tipa "longboard" vozila
5. Primjenu softverske aplikacije Expert Choice u višekriterijalnom optimiranju odabira tipa "longboard" vozila
6. Analizu rezultata primjene Expert Choice
7. Razmatranje mogućnosti elektrifikacije i montaže dijelova za "longboard" vozilo u Hrvatskoj uz neophodne uvjete
8. Zaključak
9. Korištenu literaturu

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

Rok predaje rada:

**1. rok:** 22. veljače 2019.

**2. rok (izvanredni):** 28. lipnja 2019.

**3. rok:** 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:

**1. rok:** 25.2. - 1.3. 2019.

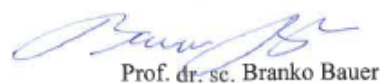
**2. rok (izvanredni):** 2.7. 2019.

**3. rok:** 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Predrag Čosić

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA.....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KRATICA.....	V
POPIS OZNAKA.....	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY.....	I
1. UVOD .....	1
2. ELEKTRIČNI <i>LONGBOARD</i> .....	2
2.1. Skateboard .....	2
2.2. Longboard .....	4
2.3. Trenutno stanje tržišta električnih longboarda .....	5
3. DSS .....	8
3.1. Vrste DSS – a .....	9
3.1.1. DSS zasnovan na modelu.....	9
3.1.2. DSS zasnovan na dokumentima .....	9
3.1.3. DSS zasnovan na znanju.....	10
3.1.4. DSS zasnovan na podacima.....	10
3.1.5. DSS zasnovan na komunikacijama .....	11
3.1.6. DSS zasnovan na webu .....	11
4. AHP METODA .....	12
4.1. Proces .....	12
4.1.1. Strukturiranje problema .....	13
4.1.2. Određivanje najznačajnijeg kriterija i alternative.....	13
4.2. Prednosti i nedostaci AHP metode .....	17
4.2.1. Prednosti AHP metode .....	17
4.2.2. Nedostaci AHP metode.....	17
5. ELEKTRIFICIRANI <i>LONGBOARD</i> .....	19
5.1. Osnovni dijelovi elektrificiranog longboarda.....	19
5.1.1. Longboard dijelovi.....	19
5.1.2. Elektromotor .....	20
5.1.3. Elektronički kontroler brzine (ESC).....	21
5.1.4. Baterija .....	22
5.1.5. Prijenosnik snage.....	22
6. PRIMJENA AHP METODE .....	24
6.1. Kriteriji.....	24

---

6.1.1. Domet .....	26
6.1.2. Snaga elektromotora .....	26
6.2.3. Okretni moment.....	27
6.2.4. Maksimalna brzina.....	27
6.2.5. Cijena .....	28
6.3. Alternative .....	28
6.4. Softwer Expert Choice .....	30
7. ODABIR MODELA ELEKTROMOTORA I BATERIJA .....	31
8. REALIZACIJA VIRTUALNOG PROJEKTA USLUGE ELEKTRIFIKACIJE LONGBOARDA .....	35
9. ZAKLJUČAK.....	37

**POPIS SLIKA**

Slika 2.1. Izgled električnog <i>longboarda</i> [2] .....	2
Slika 2.2. Izgled <i>skateboarda</i> 50ih godina, Kalifornija [4].....	3
Slika 2.3. Izgled današnjeg tipičnog <i>skateboarda</i> [3].....	4
Slika 2.4. Razlika <i>skateboarda</i> i <i>longboarda</i> [5].....	4
Slika 4.1. Hijerarhijski model – AHP struktura [13] .....	13
Slika 4.2. Prikaz Saatyveve skala [14].....	14
Slika 4.3. Prikaz usporedbe kriterija [15].....	14
Slika 5.1. Dijelovi <i>longboarda</i> [17].....	20
Slika 5.2. Beskolektorski BLDC motor [20] .....	21
Slika 5.3. Nacrt elektroničkih komponenata [22].....	22
Slika 5.4. Izveda <i>hub</i> motora [16] .....	23
Slika 5.5. Izvedba remenskog prijenosa [16] .....	23
Slika 7.1. Hijerarhijska struktura .....	31
Slika 7.2. Prikaz kriterija prema važnosti .....	32
Slika 7.3. Prikaz odnosa kriterija .....	32
Slika 7.4. Prikaz postupka rangiranja alternativa .....	33
Slika 7.5. Prikaz postupka rangiranja alternativa .....	33
Slika 7.6. Analiza dobivenih rezultata .....	34
Slika 7.7. Prikaz analize s promijenjenim kriterijima .....	34
Slika 8.1. Prikaz projekta.....	35
Slika 10.1. Inboard M1 [16].....	43
Slika 10.2. Boosted Mini S [16].....	43
Slika 10.3. Acton Blink Qu4TRO [16].....	43
Slika 10.4. Acton Blink S-R [16].....	43
Slika 10.5. Boosted 2 Dual+[16].....	44

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 2.1.	Prikaz karakteristika električnih <i>longboardova</i> .....	7
Tablica 4.1.	Usporedba relativnih važnosti (prioriteta) tri objekta.....	15
Tablica 6.1.	Model #1.....	29
Tablica 6.2.	Model #2.....	29
Tablica 6.3.	Model #3.....	29
Tablica 6.4.	Prikaz karakteristika svih modela .....	29
Tablica 10.1.	Okvirni proračun elektrifikacije.....	45



---

**POPIS KRATICA**

AHP – *Analytic Hierarchy Process* – analitički hijerarhijski proces

BAM – *Business Activity Monitoring* – sustavi poslovnog nadziranja

BLDC – *BrushLess Direct Current* – beskolektorski istosmjerni

BPM – *Business Process Managment* – sustavi poslovnog upravljanja

DC – *Direct Current* – Istosmjerna struja

DSS – *Decision Support System* – sustav podrške odlučivanju

ESC – *Electronic Speed Controler* – elektronski sustav stabilnosti vozila

GDSS – *Group Decision Support Systems* – grupni sustav podrške odlučivanju

IFPS – *Interactive Financial Planning System* – interkativni sustav financijskog planiranja

MDS – *Managment Decision System* – menadžerski sustav za donošenje odluka

OLAP – *Online Analaysis Processing* – internetska obrada podataka

RC – *Remote Control* – daljinski upravljani

VESC – *Vedder Electronic Speed Controler* – "Vedder" elektronski sustav stabilnosti vozila

**POPIS OZNAKA**

Oznaka	Jedinica	Opis
<b>D</b>	[m]	Promjer
<b>I</b>	[A]	Jakost električne struje
<b>i</b>	[-]	Prijenosni omjer
<b>M</b>	[Nm]	Moment
<b>N</b>	[1/sec]	Broj okretaja
<b>n</b>	[-]	Broj kriterija
<b>P</b>	[W]	Snaga
<b>R</b>	[ohm]	Ukupan električni otpor
<b>U</b>	[V]	Električni napon izvora
<b>v</b>	[m/s]	Brzina
<b>W</b>	[J]	Rad
<b>z</b>	[-]	Broj zubi zupčanika
<b>ω</b>	[rad/s]	Kutna brzina

## SAŽETAK

Živimo u svijetu u kojemu se promjene događaju iznimno brzo i u kojemu se trendovi svakodnevno mijenjaju. Tržište traži proizvode koji su visoko kvalitetni i pouzdani. Da se dobije takav proizvod, od velike je važnosti donositi kvalitetne odluke. U ovome radu opisan je postupak odabira karakteristika prijevoznog sredstva elektrificiranog *longboarda* primjenom analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP metode) na temelju kojeg radi korišteni program *Expert Choice*. Uz teoriju vezanu za AHP metodu prikazani su dijelovi i način rada elektrificiranog *longboarda*. Također je razmatrana realna proizvodnja ovog prijevoznog sredstva kao virtualni projekt.

Ključne riječi: Podrška pri donošenju odluke, Analitički hijerarhijski proces, Elektrificirani *longboard*

## **SUMMARY**

We are living in a fast changing environment where different trends are being set every day. The market seeks for products which represent high quality and performance. In order to achieve that, it is crucial to make the right decisions. This paper describes the procedure for selecting the characteristics of the electronically controlled longboard using an Analytic Hierarchy Process (AHP method) implemented in Expert Choice software. With the theory related to the AHP method, the parts and the working principle of the electrified longboard are shown. Also, the possibility of a real time production of this means of transport has been considered as a virtual project.

Key words: Decisions support systems, Analytic hierarchy process, Electronically controller longboard,

## 1. UVOD

Smatra se da ljudi trenutno žive u zlatnom doba prijevozne tehnologije. Zadnjih 10 godina, električni motori su postali manji i snažniji, dok su baterije postale jače i dostupnije. Ta dva trenda zajedno su pokrenuli veliku revoluciju u osobnim prijevoznim sredstvima. Jedno od tih prijevoznih sredstva je električni *longboard*. Prijevozno sredstvo u obliku daske, na četiri kotača, pogonjeno električnim motorom i upravljano daljinskim upravljačem. Unatoč većoj dostupnosti elektromotora i baterija, cijena ovakvog uređaja još uvijek nije pristupačna. Tu dolazi druga mogućnost, a to je je elektrifikacija obične *longboard* daske tj. naknadno postavljanje elektromotora, baterije i ostalih komponenata.

Cilj ovog rada je odabrati idealnu ravnotežu tehničkih karakteristika i cijene elektrificiranog *longboarda* koji bi mogao konkurirati već postojećim električnim *longboard* uređajima. U današnjem konkurentskom okruženju donošenje odluka je često ključan i zahtjevan proces. Da se pomogne donositeljima odluke, razvijeni su sustavi za podršku odlučivanja. Jedan od takvih sustava je AHP metoda koja je temelj rada mnogih programa, od kojih je najpoznatiji *Expert Choice*. Odluka koja se donosi u ovom radu je odabir baterije i elektromotora za elektrifikaciju *longboard* daske. Prije samog projekta odabira, potrebno se upoznati s poviješću nastanka *longboarda*, opisan je sustav podrške odlučivanju i metoda analitičkog hijerarhijskog procesa. U radu su također postavljeni temelji za pružanje usluge elektrifikacije *longboarda* u obliku virtualnog projekta.

## 2. ELEKTRIČNI *LONGBOARD*

Električni longboard je osobno prijevozno sredstvo koncipirano na modelu *skateboard*-a [1]. Riječ električni se odnosi na vrstu pogona koji pokreće prijevozno sredstvo, a riječ *longboard* se odnosi na oblik daske. To je daska na koju su pričvršćena četiri mala kotača, koji se pokreću električnim motorom, a kontroliraju daljinskim upravljačem od strane vozača. Ovo vozilo nije novoprisutno na tržištu nego je imalo svoj postepeni razvoj koji je došao do današnjeg stadija. Ukoliko se želi detaljnije upoznati s ovim prijevoznim sredstvom, potrebno je krenuti od početka, a to je *skateboard*.



Slika 2.1. Izgled električnog *longboarda* [2]

### 2.1. *Skateboard*

Godina nastanka prvog *skateboard* nije poznata, pa se smatra da su to bile 50e godine prošlog stoljeća [3]. Surferi u Kaliforniji, kada nisu bili u mogućnosti surfati zbog premalih valova, sjetili su se da bi mogli napraviti vozilo koje bi dosta sličilo surfanju na vodi i tako je došla ideja za *skateboard*. Sport koji je nastao se zove *Skateboarding*. Prvi *skateboard* je bio poprilično primitivan u odnosu na današnji. Djeca su ga izrađivala od obične drvene kutije pribijene uz jednu rolu. Često je na vrhu kutije bila pričvršćena drvena ručka za koju se primalo za lakšu kontrolu vozila. S obzirom na robusni dizajn, primjena tadašnjih *skateboarda* je bila isključivo za spuštanje niz ulice.



**Slika 1.2. Izgled skateboarda 50ih godina, Kalifornija [4]**

Ranih 60ih prošlog stoljeća nastaje prvi proizvedeni *skateboard* koji počinje više ličiti današnjem. To je bila ravna drvena daska na koju su bila pričvršćena četiri metalna kotača. Novi, jednostavniji i efikasniji dizajn ovog vozila uvelike utječe na popularnost ovog sporta i način vožnje gdje se više cilja na izvođenje raznih trikova nego na samu vožnju. 1963. godine John Frances Humphreyref postaje prvi masovni proizvođač *skateboarda* i prvi licencirani vlasnik patenta za *skateboard* [4]. Također, u suradnji s *surferskom* legendom Mike Doyle dizajnira i proizvodi prvi profesionalni *skateboard* koji je uveo dvije revolucionarne stvari, a to su kotači od keramike i drugačiji mehanički spoj daske i kotača tj. prilagodljivu osovinu koja omogućava lakše upravljanje i kontroliranje vozila. Pod profesionalnim *skateboardom* se smatraju oni koji se koriste u natjecanjima dizajnirani i proizvedeni od strane stručnjaka, dok su amaterski oni koji su izrađeni u kućnoj izradi. 1969. godine Larry Stevenson također uvodi revolucionarnu promjenu, a to je uvođenje „*kicktail*“ tj. lagano uzvišenje na kraju skateboarda koje vozačima pomaže za izvođenje težih i kompleksnijih trikova [4]. Također, promjena vrijedna spominjanja su kotači izrađeni od poliuretana koji uvelike mijenjaju ovaj sport iz razloga što vožnja dobiva puno ugodniji osjećaj. Daljnom popularizacijom ovog sporta, *skateboard* dobiva razne izmjene i poboljšanja koja dovode do današnjeg modernog izgleda.

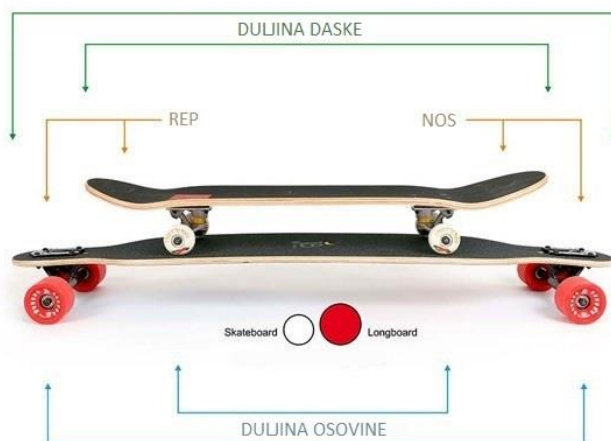


**Slika 2.2. Izgled današnjeg tipičnog skateboarda [3]**

Tokom 70ih godina prošlog stoljeća prilikom unapređivanja *skateboard* dizajna, unutar te zajednice stvara se frakcija koja smatra da se gubi smisao prvotne ideje *skateboarda*, a to je zamjena za surfanje. Posljedica te frakcije je nastanak nove slične, ali po funkciji drugačije daske a to je *longboard* [5].

## 2.2. Longboard

Sport koji se veže uz longboard se naziva *longboarding* [6]. S obzirom da je *longboard* nastao po uzoru na *skateboard*, sličnost između ta dva vozila je velika ali uz određene razlike.



**Slika 2.3. Razlika skateboarda i longboarda [5]**

*Veličina: Longboard*

- duljina: 90 do 150 cm
- širina: 20 do 25 cm



---

### Skateboard

- duljina: 70 do 90 cm
- širina: 18 do 25 cm

#### **Oblik:**

Skateboard ima definirani i jednolični oblik, sa zakrivljenima s prednje i stražnje strane. To ga čini lakšim za rađanje <sup>1</sup>trikova kao što su <sup>2</sup>ollie i <sup>3</sup>kickflip. S obzirom na to da postoje više modela *longboarda*, gdje svaki služi za drugačiji tip vožnje, on ne dolazi u jednoličnom obliku nego u više njih. Glavna razlika u obliku je ravna "daska" i s prednje i sa stražnje strane.

#### **Kotači:**

Skateboard ima kotače manjeg promjera zbog lakšeg postizanja "trikova", ali na štetu stabilnosti i mogućnosti pada zbog veće osjetljivosti na kamenčiće ili druge male predmete koji se mogu naći na putu *skateboarda*. *Longboard* ima veće i mekanije kotače zbog postizanja veće brzine i apsorpiranja kamenčića ili drugih malih predmeta.

## 2.3. Trenutno stanje tržišta električnih *longboarda*

### 1. Inboard M1

Inboard M1 trenutno je prema većini kritičara najbolji električni *longboard* koji se nudi na tržištu. M1 ima dva motora smještena u stražnjim kotačima, zamjenjivu bateriju, integrirana LED svjetla i elegantan futuristički dizajn. M1 može se koristiti i kao tradicionalan *longboard* bez potrebe uključivanja motora.

### 2. Boosted Mini S

Njegova težina (6,8 kg) i duljina (74,93 cm) čine ga vrlo praktičnim i jednostavnim za svakodnevno korištenje. *Boosted Mini S* ima kompozitnu ploču koja pruža široku i stabilnu platformu koja pruža vrhunsku vožnju. Njegova duljina od 74,93 cm čini ga jednim od najmanjih električnih *longboarda* u ovoj kategoriji.

---

<sup>1</sup> trik – figura vozača i skateboarda u zraku

<sup>2</sup> ollie – tip trika na skateboardu u kojem vozač zajedno s daskom skače u zrak bez korištenja ruku. Izvodi se podizanjem prednjeg dijela skateboarda i polaganim povlačenjem prednje noge prema gore gdje se trenjem stvara sila koja vuče skateboard u zrak

<sup>3</sup> kickflip – napredniji tip oblika u kojem vozač zajedno s daskom skače u zrak i pokretom noge u zraku okreće skateboard za 360° po duljini

### 3. Acton Blink Qu4TRO

Sa svoja 4 motora, *Acton Blink Qu4TRO* je trenutno najsnažniji električni *longboard* na tržištu sa dometom od 35 km i maksimalnom brzinom od 37km/h. *Acton Blink* donosi dozu adrenalina te se savršeno prilagođava uzbrdicama i do 30% nagiba. Najveći nedostatak ovog *longboarda* je to što teži oko 10 kg te je time okarakteriziran kao nepraktičnim za svakodnevno korištenje i prijevoz.

### 4. Acton Blink S-R

*Action Blink S-R* teži samo 4,9 kg te ga to čini najlakšim električnim *longboardom* u ovoj kategoriji. Iako mu je maksimalna brzina 24 km/h i dalje može konkurirati ostalim proizvođačima zbog jedinstvenog dizajna i poboljšanog mehanizma za kočenje. Uz to, cijenom od 2.870,00 kunu daleko je prihvatljiviji i dostupniji od svih navedenih električnih *longboardova*.

### 5. Boosted 2 Dual+

Boosted 2 Dual + nudi postepeno ubrzanje i usporavanje bolje od bilo kojeg električnog uređaja koji se trenutno nudi na tržištu te ga to čini vrlo jednostavnim za korištenje i lako prilagodljivim za početnike i profesionalce.

U tablici 2.1. se može vidjeti usporedba tehničkih karakteristika trenutno aktualnih električnih *longboard* uređaja na tržištu. Uz vrlo često karakteristike kao što su *brzina*, *domet*, *težina* i druge stavljene su također relativno novije mogućnosti ovakvog tipa električnog uređaja tj. vozila. To su mogućnost *instaliranja aplikacije na mobitelu* na kojem vozač uređaja može pratiti svoju vožnju, razinu baterije i mnoge druge informacije. Svi podaci su uzeti s web stranica samih proizvođača što znači da njihova preciznost vjerojatno nije potpuno točna. Vidi se da svi proizvođači nude regenerativne kočnice, tj. mogućnost punjenja baterije prilikom kočenja.

**Tablica 2.1. Prikaz karakteristika električnih longboardova**

Naziv Longboarda	Inboard M1	Boosted Mini S	Acton Blink Qu4TRO	Acton Blink S-R	Boosted 2 Dual+
Maks. Brzina [km/h]	35	29	<b>37</b>	24	35
Domet [km]	11	11	<b>35</b>	11	11
Težina [kg]	6,57	6,8	10,89	4,9	7,07
Maks težina vozača [kg]	113,3	x	x	100	x
Trajanje punjenja [min]	90	75	180	45-60	<b>40</b>
Duljina uređaja [cm]	95,25	74,93	99,06	68,58	96,52
Cijena [kn]	8.953,38 kn	5.276,10 kn	10.865,56 kn	<b>2.871,48 kn</b>	8.307,46 kn
Mobilna Aplikacija	<b>da</b>	<b>da</b>	ne	ne	ne
Kočnice	Regenerativne	Regenerativne	Regenerativne	Regenerativne	Regenerativne
Nagib	x	20%	30%	15%	25%

### 3. Sustav podrške odlučivanja DSS

DSS (eng. Decision Support System) je interaktivan računalni sustav koji prikuplja i prezentira podatke iz širokog spektra izvora, najčešće u poslovne svrhe [7]. DSS program je sustav i podsustav dizajniran na takav način da pomaže ljudima za odabir jednog od mnogobrojnih alternativnih rješenja problema. Moguće je automatizirati neke od procesa donošenja odluka s DSS sofisticiranim programima koji analiziraju velike količine informacija iznimno brzo. DSS pomaže korporacijama u povećanju udjela na tržištu, smanjenju troškova, povećanju profitabilnosti i poboljšanju kvalitete. Priroda samog problema ima glavnu ulogu u procesu odlučivanja. Usmjeren je rješavanju dobro strukturiranih i slabo strukturiranih problema, na sadašnje i buduće odluke, na kontrolu i planiranje. Mora omogućavati fleksibilnost u odlučivanju i implementaciji odluka.

Računalni DSS sustavi postali su praktični zajedno s razvojem osobnih računala i polaganim uvođenjem računalne tehnologije u različite grane poslovanja. Razvoj takvih sustava počinje šezdesetih godina prošlog stoljeća, a sama se implementacija dogodila sredinom osamdesetih godina [7]. Istraživači su koristili različite okvire rada što im je pomoglo pri razvoju i razumijevanju tih sustava pa se tako DSS može podijeliti u četiri široke kategorije:

- komunikacijske
- podatkovne,
- upravljane dokumentima
- sustave podrške temeljene na znanju i modelima [8].

Velika povijesna prekretna točka je bila Michael S. Scott Mortova disertacija na Sveučilištu Harvard koja je uključivala razvoj, implementaciju i zatim testiranje interaktivnog sustava podrške temeljene na modelu [7]. Godine 1966, Scott Morton je proučavao kako bi računalno i analitički modeli mogli pomoći menadžerima u donošenju poslovnih odluka [7]. Također je proveo eksperiment u kojem su menadžeri koristili sustav donošenja odluka MDS (eng. *managment decision system*) [8]. Početkom osamdesetih prošlog stoljeća razvijena je nova kategorija DSS-a, sustav podrške odlučivanja zasnovan na podacima. Krajem osamdesetih je predstavljen koncept i metode kojima se donošenje odluka omogućuje korištenjem sustava podrške temeljenih na činjenicama [9]. To mogu biti knjige, izvještaji ili informacijski sustavi. Zatim se razvio DSS zasnovan na komunikacijama, a 1994. godine su mnoge tvrtke počele s nadogradnjom mrežne infrastrukture zbog razvoja Interneta. Nakon toga se počeo razvijati DSS zasnovan na webu i s razvojem Interneta, razvoj DSS - a je također počeo rasti i njegova se primjena počela puno brže širiti [9].

### 3.1. Vrste DSS – a

Postoji više kategorizacija sustava za potporu odlučivanju. Jedna od njih je kategorizacija zasnovana na dominantnoj komponenti u arhitekturi sustava. Ta kategorizacija dijeli sustave na sljedeće kategorije koji su u nastavku rada detaljnije opisani:

DSS se dijeli na:[7]

- DSS zasnovan na modelu
- DSS zasnovan na dokumentima
- DSS zasnovan na znanju
- DSS zasnovan na podacima
- DSS zasnovan na komunikacijama
- DSS zasnovan na webu

#### 3.1.1. DSS zasnovan na modelu

Scott – Mortonov sustav za upravljanje proizvodnjom bio je prvi široko rasprostranjeni DSS zasnovan na modelu. DSS zasnovan na modelu naglašava pristup i manipulaciju financijskih, optimizacijskih i/ili simulacijskih modela. Jednostavni kvantitativni modeli pružaju najstabilniju razinu funkcionalnosti. Koristi ograničene podatke (nisu potrebne velike baze podataka) i parametre dobivene od donositelja odluke kako bi donositeljima odluke pomogao u analizi situacije. Prvi komercijalni alat DSS – a zasnovan na modelu je interaktivni sustav financijskog planiranja – IFPS (eng. *Interactive Financial Plannig System*) [8]. Koristio je financijske i kvantitativne metode. Drugi DSS alat temeljen na Analitičkom hijerarhijskom procesu (Saaty, 1982) je Expert Choice računalna aplikacija [9].

#### 3.1.2. DSS zasnovan na dokumentima

DSS zasnovan na dokumentima koristi tehnologiju za pohranu i obradu dokumenata kako bi omogućio pronalaženje i analizu tih dokumenta pri donošenju odluke. Dokumenti se mogu pojaviti u mnogim oblicima, no tri su najčešće kategorije: **oralni, pisani i vizualni** [9]. Primjeri oralnih dokumenata su transkribirane konverzacije, vizualni dokumenti, reportaže s vijesti ili televizijske reklame dok u pisane dokumente se ubrajaju pisani izvještaji, katalozi, pisma potrošača ili e-mailovi. Upravljanje tekstem i dokumentima pojavilo se u 1970-ima i 1980-ih kao važnim, široko korištenim računalnim sredstvima za predstavljanje i obradu dijelova teksta (Holsapple i Whinston, 1996) [7]. Prvi znanstveni članak ove kategorije DSS-a napisao je Swanson i Culnan (1978). Pregledali su sustave temeljene na dokumentima za planiranje i

kontrolu upravljanja [7]. Do sredine 1990-ih godina postignut je mali napredak u pomaganju menadžerima da pronađu dokumente koji bi podržali njihovo donošenje odluka. Pristup velikim bazama podataka koje se sastoje od dokumenata u obliku teksta, slika, zvukova i video zapisa omogućuje web. Tražilice su snažna i korisna pomoć u DSS- u zasnovanom na dokumentima

### **3.1.3. DSS zasnovan na znanju**

DSS zasnovan na znanju je u mogućnosti predložiti ili preporučiti akcije menadžerima prilikom donošenja odluka. To je integracija računalnih inteligentnih poslovnih alata i tehnologija dizajnirani potrebama određenih organizacija. Fokus je na identificiranju specifičnih znanja o određenoj temi, razumijevanju problema unutar te domene i vještinama pri rješavanju tih problema. Slični je koncept „rudarenja podataka“ (eng. *Data mining*) proces pretraživanja velike baze podataka kako bi se ostvarile poveznice između podataka. Ovakav oblik DSS – a je sličan i drugim vrstama kada je u pitanju struktura ali se pretvara u DSS zasnovan na znanju prilikom integriranja tehnologije umjetne inteligencije. Tehnologije umjetne inteligencije uključuju mogućnost *samoučenja*, *identifikacije povezanosti između podataka* i ako je potrebno, *izvođenje heurističkih operacija*. Ove mogućnosti ga pretvaraju u inteligentni sustav. Alati koji koriste DSS zasnovan na znanju ponekad se nazivaju *Inteligentna potpora odlučivanju* (eng. *Intelligent Decision Support Methods*) [9].

### **3.1.4. DSS zasnovan na podacima**

DSS zasnovan na podacima naglašava pristup i manipulaciju u vremenskom nizu internih podataka poduzeća i, u nekim sustavima, vanjskih podataka u realnom vremenu. Jednostavni sustavi dokumenata do kojih se pristupa pomoću upita i pristupnih alata omogućuje najosnovniju razinu funkcionalnosti. Sustavi skladištenja dokumenata omogućavaju pristup do veće količine podataka i dodatne funkcionalnosti. Sustavi s analitičkim procesom nude najvišu razinu funkcionalnosti. Sustavi poslovne inteligencije za operativno ili strateško korištenje najčešće su zasnovani na podacima. BAM (eng. *Business Activity Monitoring* - BAM) i BPM (eng. *Business Process Management* BPM) DSS zasnovan na podacima koristi podatke u stvarnom vremenu kako bi pomogao u operativnom praćenju značajki. Dominantna komponenta u tim sustavima je snimanje, pohrana i dohvat strukturiranih podataka [10].

### **3.1.5. DSS zasnovan na komunikacijama**

DSS zasnovan na komunikacijama naglašava komunikaciju, suradnju i zajedničku podršku u odlučivanju korištenjem komunikacijskih tehnologija. On može i ne mora biti uključen u donošenju odluke. DSS sustavi zasnovani na komunikacijama omogućavaju dvjema ili više osoba da komuniciraju jedni s drugima, dijele informacije i koordiniraju svoje aktivnosti. GDSS (eng. *Group Decision Support Systems* - GDSS) može biti primarno zasnovan na komunikacijama ili zasnovan na modelu. Neki GDSS - i omogućuju većem broju korisnika zajedničku suradnju pomoću raznih softverskih alata kao što su audio konferencije, oglasne ploče i WEB – konferencije.

### **3.1.6. DSS zasnovan na webu**

Razvijanjem interneta 90ih godina prošlog stoljeća razvila se platforma za daljnje unapređivanje i povećanje mogućnosti računalom potpomognuto donošenje odluka. DSS zasnovan na webu dostavlja informacije kao podršku odlučivanju ili alate kao podršku odlučivanju menadžeru pomoću web preglednika koji ima pristup globalnom internetu ili lokalnoj mreži tvrtke. Internet se danas sve više koristi kao klijent/server platforma u mnogim poslovnim organizacijama zbog niskih troškova softvera, instalacije i održavanja. Samim tim i rješenja bazirana na WEB – u imaju olakšan pristup, analizu i distribuciju informacija iz baze podataka organizacije. Prema trendovima i potrebama korisnika, istraživanje DSS-a su se tijekom vremena usmjerila u četiri smjera [9]:

1. prema inteligentnim računalnim sustavima
2. prema primjenama modela
3. prema modelu rješavanja problema
4. prema korisničkom sučelju

Primarni DSS sadržavao je *ad hoc* upite, alate za izvještavanje, optimizacijske i simulacijske modele, OLAP (*Online Analysis Processing*) , pretraživanje podataka i njihovu vizualizaciju . OLAP je tehnologija koja omogućava manipulaciju podacima organizacije kroz više dimenzija kao što su proizvod, vrijeme, mjesto itd [9]. Glavna prednost DSS zasnovanog na webu u odnosu na klasični DSS je korištenje weba koje olakšava unos podataka i analizu istih, poboljšava način donošenja odluka i smanjuje troškove razvoja. Također je i olakšan pristup sustavu i jednostavnije dobivanje korisnih informacija.

## 4. AHP METODA

Pojam višekriterijsko odlučivanje, kao što i sami naziv kaže, odnosi se na donošenje odluka u prisustvu mnogih, često, konfliktnih kriterija. Metoda analitički hijerarhijski proces (AHP, eng. *Analytic Hierarchy Process*) je jedna od najpoznatijih metoda stručne analize scenarija i donošenja odluka konzistentnim ocjenjivanjem hijerarhija koje se sastoje od ciljeva, kriterija i alternativa. Ovu metodu je osmislio prof. dr. Thomas L. Saaty na Državnom Sveučilištu Pittsburg 1971. Nakon nekoliko godina istraživanja i revizije, prikupio je sve o AHP teoriji te ju je objavio 1980. godine [10]. Od tada je to široko korištena metoda pri odlučivanju, analizi i izgradnji nestrukturiranih pitanja. Riječ je o korektnom matematičkom modelu koji je realiziran kao softver za PC platforme s punom tehničkom podrškom, u informatičkoj varijanti Expert Choica. AHP najprije omogućuje interaktivno strukturiranje (oblikovanje hijerarhije) problema kao pripremu scenarija odlučivanja, a zatim ocjenjivanje u parovima elemenata hijerarhije (ciljeva, kriterija i alternativa) Kriteriji unutar hijerarhijske strukture mogu biti kvantitativni i kvalitativni. AHP je najpopularnija i najčešće korištena metoda procesa odlučivanja kod rješavanja realnih problema te je tako našla svoju primjenu u inženjerstvu, industriji, politici, području obrane, marketingu te mnogim drugim područjima ljudskog djelovanja [11]. AHP je moguće primijeniti u raznim dijelovima strateškog menadžmenta u kojima odluke imaju dalekosežan značaj i gdje donositelji odluka rado biraju kvalitetnog i pouzdanog savjetnika u fazi analize mogućih alternativa i utvrđivanja njihovog utjecaja na postavljene ciljeve.

### 4.1. Proces

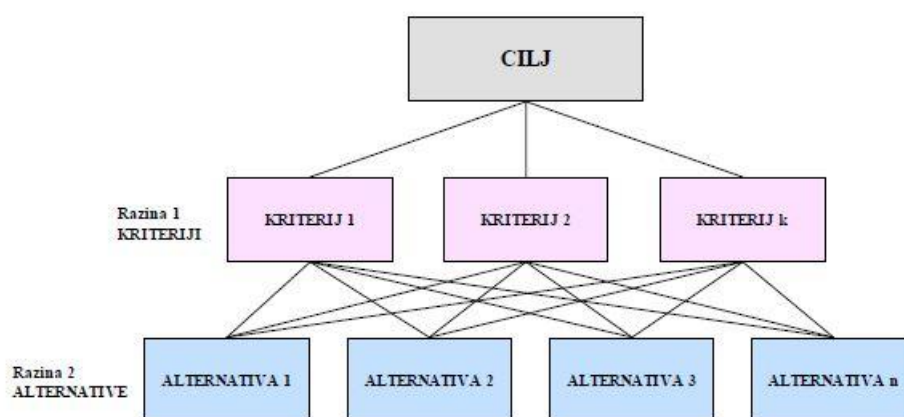
AHP metoda se sastoji od sljedećih faza [12]:

1. Strukturiranje problema
2. Određivanje najznačajnijeg kriterija
3. Određivanje najznačajnije alternative
4. Određivanje konačnog rješenja (cilja).



### 4.1.1. Strukturiranje problema

U prvoj fazi se razvija hijerarhijski model problema odlučivanja s ciljem na vrhu, kriterijima i potkriterijima na nižim razinama, te alternativama na dnu modela. Na slici 4.1. prikazan je hijerarhijski model u dvije razine koju čine *cilj*, *kriterij* i *alternative*. Cilj je uvijek na vrhu i nije ga moguće uspoređivati s niti jednim drugim elementom. Sami kriteriji mogu biti strukturirani na razne načine pa zato unutar glavnih kriterija može postojati i razina potkriterija. Kompleksnost problema raste s brojem kriterija i s brojem alternativa. Element u zadanoj razini ne mora funkcionirati kao kriterij za sve elemente ispod, no svaki element može predstavljati različiti dio problema što znači da hijerarhija ne mora biti kompletna [9]. Sposobnost ljudskog uma u međusobnom razlikovanju velikog broja alternativa i kriterija je ograničena, te se u skladu s time, pri formiranju hijerarhije ne preporučuje više od  $5 \pm 2$  elemenata na istoj razini [13].



Slika 4.1. Hijerarhijski model – AHP struktura [13]

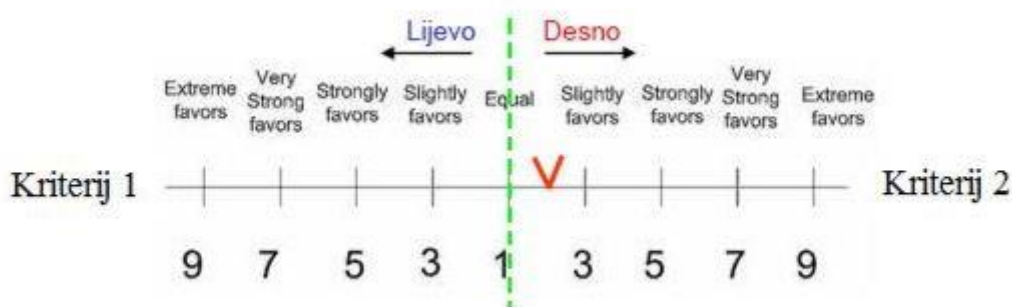
### 4.1.2. Određivanje najznačajnijeg kriterija i alternative

Sljedeći korak u primjeni AHP metode je korištenje matematičkog modela pomoću kojeg se računaju prioriteti (težine) elemenata. Donositelj odluke uspoređuje elemente u parovima na istoj razini hijerarhijske strukture, pri čemu se preferencije donositelja odluke izražavaju uz pomoć Saatyveve skale relativne važnosti [14]. Saatyeva skala (slika 4.2.) se sastoji od devet stupnjeva. Neparnim brojevima pridružene su osnovne vrijednosti, a parni opisuju njihove međuvrijednosti. Za preciznije izražavanje razlika mogu se koristiti i decimalne vrijednosti od 1.1 do 1.9.

Ocjena prioriteta	Opisna ocjena prioriteta	
1	Jednaki prioritet	Equal
2	Jednaki do umjereni prioritet	Intermediate favors
3	Umjereni prioritet	Slightly favors
4	Umjereni do jaki prioritet	Intermediate favors
5	Jaki prioritet	Strongly favors
6	Jaki do vrlo jaki prioritet	Intermediate favors
7	Vrlo jaki prioritet	Very strong favors
8	Vrlo jaki do apsolutni prioritet	Intermediate favors
9	Apsolutni prioritet	Extreme favors

Slika 4.2. Prikaz Saatyve skale [14]

Kriteriji koji se uspoređuju mogu biti kvantitativni i kvalitativni. Kvalitativne kriterije je moguće vrednovati samo na temelju iskustva i znanja što znači da subjektivno mišljenje donositelja odluke uvelike utječe na rezultat odlučivanja. Kvantitativne kriterije je lakše usporediti zbog svoje prirode, tj. proces odluke je objektivan bez utjecaja donositelja odluke. Neki primjeri kvalitativnih kriterija su dizajn, pouzdanost, fleksibilnost, dok su kvantitativni kriteriji potrošnja, domet, cijena i sl.



Slika 4.3. Prikaz usporedbe kriterija [15]

Postupak za računanje težina kriterija i prioriteta alternativa iz usporedbi elemenata u parovima sadrži tri osnovna koraka [13]:

1. Formiranje matrice omjera prioriteta (težina)
2. Formiranje normalizirane matrice

### 3. Izračunavanje težina kriterija i prioriteta alternativa

U nastavku je opisan pojednostavljen postupak određivanja važnosti tri objekta/alternative na temelju poznate procjene omjera njihovih vrijednosti.

Neka su važnosti tri objekta  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  i vrijedi da je:

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1 \quad (1)$$

Procjene međusobnih omjera važnosti za 3 objekta su:

$$\frac{W_1}{W_2} = 3; \quad \frac{W_1}{W_3} = 2; \quad \frac{W_2}{W_3} = 1$$

**Tablica 4.1. Usporedba relativnih važnosti (prioriteta) tri objekta (primjer)**

Kriterij	$W_1$	$W_2$	$W_3$
$W_1$	1	3	2
$W_2$	1/3	1	1
$W_3$	1/2	1	1

Tada se može formirati kvadratna matrica  $A$  u kojoj su elementi matrice vrijednosti međusobnih omjera važnosti tri objekta.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Postupak za približno računanje važnosti  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  je sljedeći:

1. Korak: Odredi se suma stupaca (11/6, 5, 4)
2. Korak: Normalizira se matrica  $A$  (svaki stupac podijeli se sa sumom elemenata tog stupca)

$$A = \begin{bmatrix} 6/11 & 3/5 & 1/2 \\ 2/11 & 1/5 & 1/4 \\ 3/11 & 1/5 & 1/4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

3. Korak: Težine se odrede kao prosječne vrijednosti suma elemenata odgovarajućih redova

$$W_1 = \left( \frac{6}{11} + \frac{3}{5} + \frac{1}{2} \right) = 0,5485 \quad (4)$$

$$W_2 = \left( \frac{2}{11} + \frac{2}{5} + \frac{1}{4} \right) = 0,2106 \quad (5)$$

$$W_3 = \left( \frac{3}{11} + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} \right) = 0,2409 \quad (6)$$

Teorijsko objašnjenje ovog postupka je:

$$Aw = nw \sum_j a_{ij} w_j = nw_i \quad (7)$$

Iz (1) slijedi da je

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j a_{ij} w_j \quad (8)$$

Zbog

$$\sum_i a_{ij} = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{W_j} \quad (9)$$

Vrijedi

$$w_j = \frac{1}{\sum_i a_{ij}} \quad (10)$$

Pa je

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}} \quad (11)$$

## 4.2. Prednosti i nedostaci AHP metode

Široki spektar primjena AHP metode dovoljan je dokaz da je AHP metoda danas jedna od najpopularnijih i najčešće korištenih metoda za višekriterijsko odlučivanje u rješavanju realnih problema. To je metoda sa svojim prednostima i manama.

### 4.2.1. Prednosti AHP metode

AHP metoda dekomponira realni proces odlučivanja tako što razlaže problem u hijerarhiju elemenata tog procesa te poštujući činjenicu da donositelj odluka na mentalnom planu uglavnom ne razdvaja proces procjenjivanja kriterija od alternativa, omogućava kontrolu konzistentnosti procjena, vodeći računa o cjelini problema i funkcionalnim interakcijama kriterija i alternativa [13]. Praksa do uvođenja AHP – a je ignorirala važnost kvalitativnih faktora u odlučivanju, ne uzimajući u obzir da su svi ljudski problemi kombinacija psiholoških i fizičkih aktivnosti, kvalitativnih i kvantitativnih elemenata [13].

AHP metoda ima niz prednosti:

- Uključuje kvantitativne i kvalitativne faktore u odlučivanju
- Strukturiranje problema u hijerarhiju što pojednostavljuje proces odabira
- Nudi analizu osjetljivosti rezultata, tj. krajnjeg cilja
- Brzo donošenja odluka
- Mogućnost određivanja konzistentnosti što je važno jer su donositelji odluka rijetko kada konzistentni u svom procjenjivanju
- Podržana računalnim alatima (*Expert Choice*, *MakeItRational*, *Priority*, *Estimation Tool*) [15]

### 4.2.2. Nedostaci AHP metode

AHP metoda ima i određena ograničenja s kojima se korisnici mogu susreti prilikom njene primjene, a mnogi znanstvenici se bave načinima za njihovo otklanjanje.

- Nedovoljno velika skala (Saatyeva skala relativne važnosti) za uspoređivanje elemenata u parovima vezano uz neke probleme odlučivanja
- Kod velikog broja kriterija i potkriterija potreban je velik broj usporedbi u parovima
- Kod kvalitativnih kriterija veliku ulogu ima mišljenje donositelja odluke, tj. usporedba kriterija se odrađuje s obzirom na iskustvo i prethodno znanje

- Teže postizanje prihvatljivog omjera konzistentnosti
- Subjektivnost korisnika koja se, donekle, može smanjiti *team buldingom*

## 5. ELEKTRIFICIRANI *LONGBOARD*

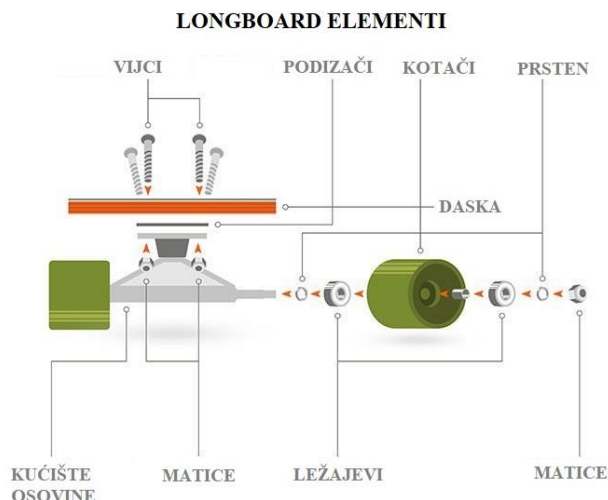
Osnovna razlika između električnog i elektrificiranog *longboarda* je u njihovoj izradi tj. proizvodnji. Pod električnim *longboardom* se smatra vozilo koje je u primarnoj fazi od strane inženjera i stručnih ljudi projektirano, konstruirano i izrađeno s električnim komponentama dok je elektrificirani *longboard* vozilo na kojeg su naknadno stavljene električne komponente i ostali sklopovi od strane kupca koji od običnog *longboarda* naprave električno vozilo. U ovom projektu će se raditi o elektrificiranom *longboardu* tj. o odabiru optimalnih karakteristika elektrificiranog *longboarda*.

### 5.1. Osnovni dijelovi elektrificiranog *longboarda*

Osnovni dijelovi elektrificiranog *longboarda* se mogu podijeliti u dvije skupine, a to su svi dijelovi dobiveni prilikom kupnje *longboarda* i svi ostali dijelovi koji sudjeluju u elektrifikaciji uređaja, a to su *elektromotor, kontroler, baterija i prijenosnik snage*. Druga skupina dijelova se stavlja i pričvršćuju s donje strane daske.

#### 5.1.1. *Longboard* dijelovi

*Longboard* dijelovi uključuju sve dijelove dobivene uz kupljeni *longboard*. Postoje razne izvedbe, ali svi imaju jednake osnovne dijelove, a to su "daska", kućište osovine, osovina, kotači i ostali mehanički dijelovi prikazani na slici 5.1. Idealne karakteristike *longboard* daske su veća visina, iz razloga da sve elektroničke komponente imaju dovoljno prostora i da ne dolazi do dodira između komponenata i tla. Također bi bolja bila čvršća daska, tj. daska koja se ne savija. Javor i bambus su dve vrste drveta koje se često koriste za izradu dasaka za ovakva vozila. Od javora se dobiva iznimno čvrsta i izdrživa daska. Dok se od bambusa dobiva lakša i savitljivija daska [16]. Kod elektrifikacije *longboarda* teži se javoru iz tog razloga što su manje šanse za dodiranjem elektroničkih komponenata i tla i što neće dolaziti do oslabljenja pričvršćenja između dijelova i daske.



Slika 5.1. Dijelovi longboarda [17]

### 5.1.2. Elektromotor

Osnovne vrste elektroničkih motora najšire korištene u elektromotornim pogonima su *sinkroni*, *asinkroni* i *istosmjerni motori*. U preko 150 godina razvoja za razne posebne namjene pojavilo se mnogo inačica osnovnih vrsta s posebnim nazivima. Osobito su raznovrsne u području malih i sitnih motora, te one povezane s upravljačkim sklopovima [18]. Elektromotor korišten u ovom projektu je jedan od njih. Pogonski dio vozila čini takozvani *beskolektorski ili bezčetkasti istosmjerni motor* (*BrushLess Direct Current – BLDC*) koji služi za pretvorbu električne energije u mehanički rad. To nije istosmjerni motor, nego sinkroni stroj s rotorskim permanentnim magnetom i statorskim armaturnim namotom. Ime je dobio po radnim značajkama, koje najbliže odgovaraju istosmjernom (DC) motoru s nezavisnom uzбудom [18]. BLDC preko uređaja zvanog VESC (*Vedder electronic speed controler*) pretvara istosmjernu struju u izmjeničnu koja pogoni motor. *Brushless* motor sastoji se od kućišta na kojem se nalaze jaki permanentni magneti i statora na kojem se nalaze zavojnice. Postoje takozvani *Inrunner* i *Outrunner* motori, pri čemu su *Outrunner* daleko popularniji *brushless* motori zbog boljeg hlađenja namotaja. Kod navedenih motora, cijelo kućište motora spojeno je s osovinom te sve zajedno rotira oko statora [19]. Prednost takvih motora je kompaktnost, tihi rad, dugotrajnost, lako održavanje, te jednostavnost promjene brzine vrtnje i njen veliki raspon. Mane su im visoka cijena u odnosu na obične motore i nužnost upotrebe kontrolera bez kojeg BLDC motor ne može raditi.

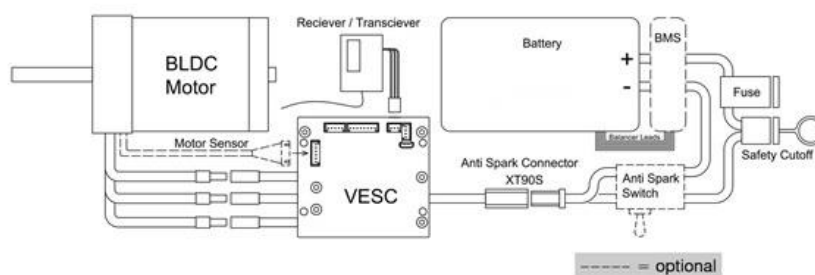




**Slika 5.2. Beskolektorski BLDC motor [20]**

### **5.1.3. Elektronički kontroler brzine (ESC)**

Elektronički kontroler brzine ESC ( eng. *electronic speed controler*) je elektronički sklop čija je funkcija kontrola i regulacija brzine i smjera elektromotora. ESC može biti izveden kao samostalna jedinica koja se potom priključuje u kontrolni kanal prijamnika ili može biti integriran u prijamnik što je češći slučaj [21]. *VESC (Vedder electronic speed controler)* je novija verzija ESC kontrolera koja nudi puno više mogućnosti. VESC je *open source* projekt, kojeg je zapečeo Benjamin Vedder [21]. Uređaj se spaja između baterije i motora kao što je prikazano na slici 5.3. Glavna razlika od prethodnika ESC je u mogućnosti jednostavne konfiguracije kontrolera preko računala. Spajanjem kontrolera i računala nudi se jednostavno mijenjanje značajki kontrolera kao što su određivanje maksimalne i minimalne struje i napona koji se pušta do elektromotora u svrhu zaštite da ne dođe do preopterećenja motora. Također, definira se i određivanje maksimalne i minimalne struje te napona koji se preuzima iz baterije kako ne bi došlo do oštećenja baterije.



**Slika 5.3. Nacrt elektroničkih komponenata [22]**

#### 5.1.4. Baterija

Baterija je uređaj koji pretvara kemijsku energiju svojih aktivnih materijala izravno u električnu energiju posredstvom elektrokemijskih reakcija. U slučaju punjivih baterija, proces je povratan. Iako se često koristi termin baterija, osnovna jedinica u kojoj se događa reakcija je članak. Članak je osnovna elektrokemijska jedinica koje djeluje kao izvor električne energije izravnom pretvorbom kemijske energije, a sastoje se od pozitivnih i negativnih elektroda povezanih elektrolitom [23]. Kemijska reakcija između elektroda i elektrolita generira istosmjerni (DC) elektricitet. U slučaju sekundarnih (punjivih) baterija kemijska reakcija može se obrnuti promjenom smjera struje, te se tada baterija puni. Baterija se sastoji od jednog ili više članaka koji su spojeni serijski ili paralelno ovisno o željenom naponu. Proizvod koji se prodaje kupcu je baterija, a ne članak.

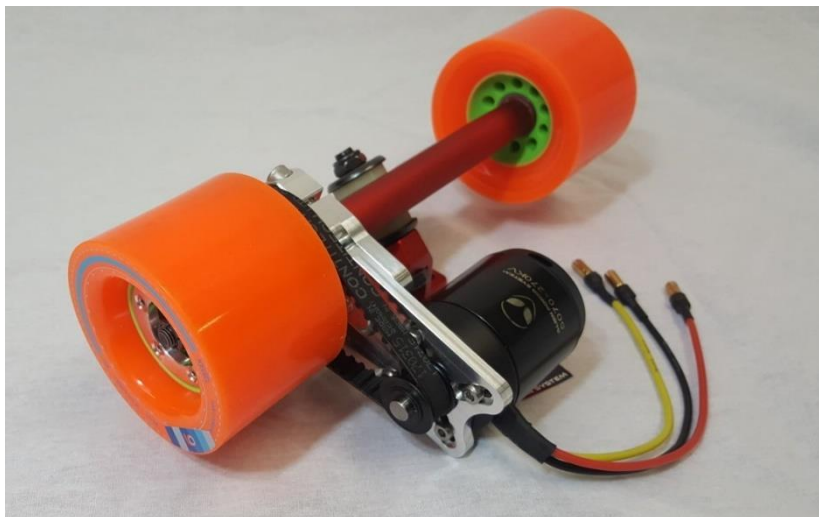
#### 5.1.5. Prijenosnik snage

Kod izrade elektrificiranog *longboarda* moguća su dva načina prijenosa snage s motora na kotače. Prvi način je noviji i jednostavniji za instalaciju na postojeći *longboard*. To su *hub* elektromotori koji su ugrađeni unutar kotača. Oni su brži izdržljiviji ali imaju manje okretnog momenta, relativno su teži i imaju manji faktor iskorištenja energije. To su zapravo sinkroni motori s trajnim magnetima u izvedbi s vanjskim rotorom pri čemu se rotor zajedno s učvršćenim kotačem vrti oko fiksiranog statora. Korištenje takvih motora znatno pojednostavljuje mehanizam prijenosa momenta s motora na kotače jer nije potrebno koristiti spojku, zupčanike i ostale elemente prijenosa kao u slučaju klasičnih vozila [24]. (Slika 5.4.) Ponuda ovakvih motora za elektrificirane *longboarde* je još uvijek iznimno mala.



**Slika 5.4. Izvedba hub motora [16]**

Drugi način prijenosa snage je zupčastim remenom. Glavni dio ovog načina prijenosa snage je metalna pločica koja je čvrsto vezana za držač osovine *longboarda*. Ovisno o profilu i materijalu držača osovine moguće je mehaničko i kemijsko (zavarivanjem) spajanje. Na drugom kraju pločice se nalazi elektromotor pričvršćen vijcima koji ima mogućnost pomicanja iz razloga što je potrebno održavanje dovoljne udaljenosti između remenice motora i remenice kotača za dovoljnu napetost remena kao što je prikazano na slici Slika 5.5. U ovome projektu iz razloga što se teži što ekonomičnijem elektrificiranom *longboardu* koristiti će se drugi način prijenosa snage, tj. prijenos snage zupčastim remenom. Prijenosni omjer korištenog remenskog prijenosa je 2,4. Računa se dijeljenjem broja zubi pogonske (elektromotora) ozubljenice remenice s brojem zubi gonjene (kotača) ozubljenice remenice, tj. broja 36 s 15. Uzeti su kotači od 80 mm.



**Slika 5.5. Izvedba remenskog prijenosa[16]**

## 6. PRIMJENA AHP METODE

Karakteristike elektrificiranog longboarda kao što su domet, maksimalna brzina, snaga te druge značajke najviše ovise o dvije komponente ovog uređaja, a to su elektromotor i baterija. Iz tog razloga kao primjer primjene AHP metode prikazat će se *proces izbora modela elektromotora i baterije* koji će se koristiti za elektrifikaciju *longboarda*. Svaki od modela će se razlikovati po svojim karakteristikama. Druge komponente koje čine preobrazbu običnog longboarda u elektrificirani *longboard* ne ulaze u proces izbora zbog toga što nemaju tolikog utjecaja na tehničke karakteristike i što cijenom ne ulaze u skuplje dijelove tj. njihova cijena u odnosu na baterije i motor je puno manja. Kotači i remenski prijenos imaju utjecaja na tehničke karakteristike uređaja, ali im je cijena znatno niža od elektromotora i baterije. Veličina kotača utječe na brzinu uređaja, tj. što je kotač veći to je i brzina veća ali gubi se na akceleraciji kao što prikazuje Slika 6.1. Također i prijenosni omjer remenskog prijenosa također utječe na brzinu, što je prijenosni omjer manji to je veća brzina uređaja. Matematička pozadina obje uzročno posljedične veze će biti detaljnije prikazana kasnije u poglavlju 5.2.4.



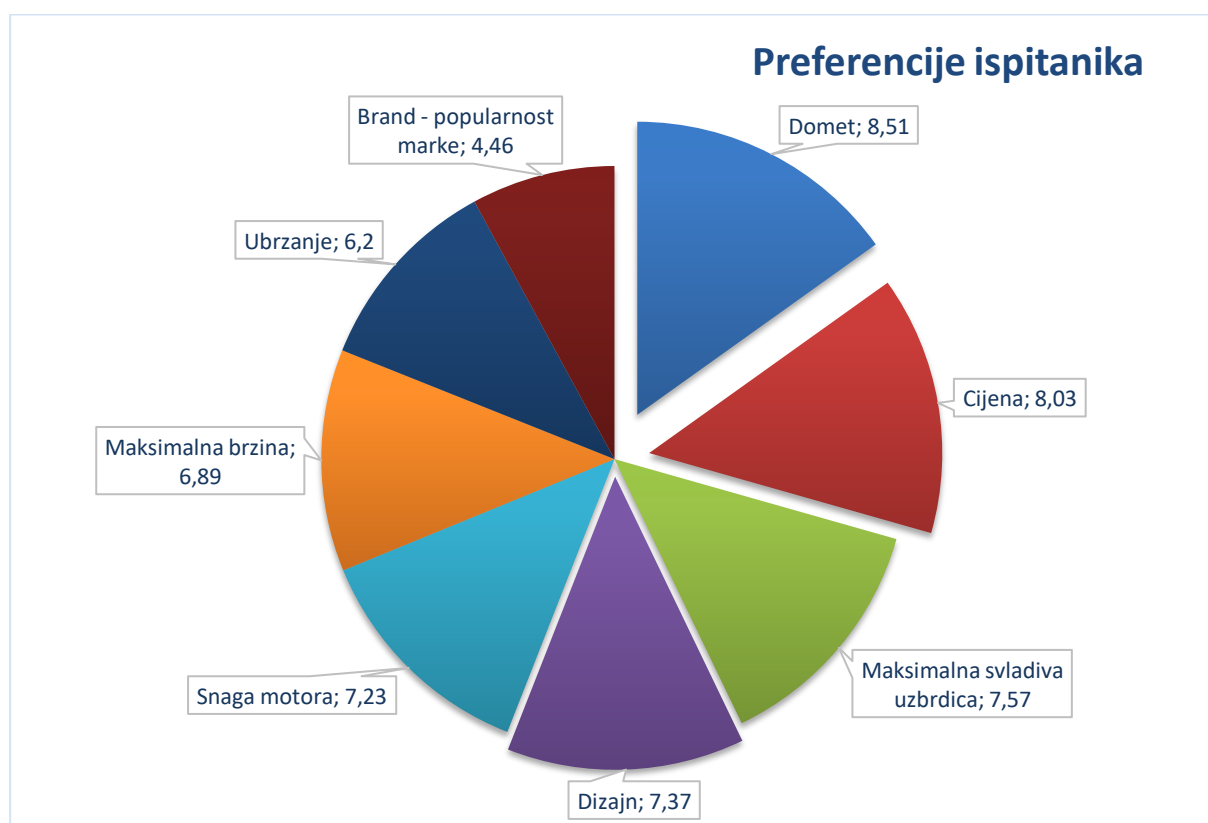
Slika 6.1. Utjecaj promjera kotača na brzinu [16]

### 6.1. Kriteriji

Ideja ovog projekta je da se kupcima nudi usluga elektrifikacije njihovih već postojećih *longboarda*. S obzirom na već prikazano tržište gotovih električnih uređaja primjenom AHP metode pokušat će se dobiti ravnoteža optimalnih tehničkih specifikacija i cijene elektrificiranog *longboarda*. S obzirom na to da su kupci ti koji znaju što točno žele provedena je anketa u kojoj ih se pitalo da na ljestvici od 1 do 10 označe koliko bi im sljedeće karakteristike bile važne ukoliko bi kupovali električni *longboard*. Ispitano je 36 osoba, prosječne dobi od 23

godine, s boravištem u gradu Zagrebu. Analizom dobivenih podataka dobiveni su sljedeći rezultati. Rezultati prikazuju prosječne procijenjene vrijednosti dobivene za svaku karakteristiku.

1. Domet: 8,51
2. Cijena: 8,03
3. Maksimalna svladiva uzbrdica: 7,57
4. Dizajn: 7,37
5. Snaga motora: 7,23
6. Maksimalna brzina: 6,89
7. Ubrzanje: 6,2
8. Brand – popularnost marke: 4,46



**Slika 6.2. Preferencije ispitanika**

Na slici 6.2. vidimo rezultate ankete grafički prikazane. Ispitanicima bi domet bio najvažnija karakteristika uređaja prilikom kupovanja, zatim cijena i dizajn. Rezultete ankete će se uzeti u obzir prilikom određivanja važnosti kriterija unatoč tome što sama anketa ne daje precizne podatke jer broj ispitanika mali.

### 6.1.1. Domet

Domet je udaljenost koju električno vozilo (dron, auto, bicikl, Segway, romobil, longboard, itd.) može prijeći sa samo jednim punjenjem baterije. Smatra se jednom od najvažnijih kriterija prilikom odabira između električnog pogona i konvencionalnog pogona tj. motora s unutaranim izgaranjem. S obzirom na ograničenost kapaciteta baterije domet još uvijek predstavlja veliku prepreku za masovno korištenje električnih pogona. Unatoč svakodnevnom razvijanju novih materijala i tehnologija, električni pogoni još uvijek nemaju toliku neovisnost naspram konvencionalnih pogona. Na domet utječu različiti parametri kao što su način vožnje tj. *brzina*, *težina* osobe koja vozi i također i *teren* na kojem se vozi. Visoke i niske temperature također utječu na domet uređaja jer električni kapacitet se izrazito smanjuje sa naglim padom temperature. Iz tog razloga u automobilske industriji proizvođači električnih automobila prvo plasiraju svoje proizvode u države ili područja prosječnih/umjerenih temperatura, tj. izbjegavaju iznimno visoke i izrazito niske temperature. Za izračun dometa uređaja potrebno je električnu energiju baterije izražene u vatsat (Wh) podijeliti s prosječnom potrošnjom energije po kilometru. Električna energija se dobiva preko umnoška napona baterije i kapaciteta izražena u Ah kao što je prikazano u sljedećoj formuli.

$$\text{Energija (Wh)} = \text{Napon (V)} \times \text{Kapacitet (Ah)}$$

$$\text{Domet (km)} = \frac{\text{Energija (Wh)}}{12,5 \text{ Wh/km}}$$

### 6.1.2. Snaga elektromotora

Beskolektorski BLDC elektromotori su postali iznimno popularni među RC (eng. *Remote Control*) uređajima kao što su avioni, helikopteri i dronovi na daljinsko upravljanje zbog velikog omjera snage i težine. Snaga motora ovisi o naponu na koji je spojen i o struji koju u određenom trenutku povlači iz baterija. Struja je proporcionalna opterećenju motora, što znači da će struja kod pokretanja, to jest, ubrzanja biti vrlo velika, a kod kontinuiranog gibanja ili usporavanja znatno manja. Maksimalna snaga BLDC motora je ograničena toplinom koju takav motor može izdržati, tj. toplina koju mogu izdržati namotaji, a toplina razvijena u motoru proporcionalna je kvadratu struje motora. [19]

$$W_{topline} = I^2 \times R$$

gdje su:

- $W_{topline}$  [J] = stvorena toplina
- $I$  [A] = jačina struje
- $R$  [ohm] = električni otpor

### 6.2.3. Okretni moment

Okretni moment je usko vezan uz snagu motora. Što je okretni moment veći, to je veća i snaga motora.

$$P = \omega \times M$$

gdje su:

$P$  – snaga [W]

$M$  – okretni moment [Nm]

$\omega$  – kutna brzina [rad/s]

### 6.2.4. Maksimalna brzina

S obzirom na način vožnje ovakvog uređaja, maksimalna brzina ne bi trebala igrati ključnu igru zbog sigurnosti, što često nije slučaj kod kupaca. U nastavku slijedi izračun za maksimalnu brzinu. Za izračun maksimalne brzine BLDC elektromotora koristi se konstanta  $K_v$ .  $K_v$  je konstanta brzine elektromotora (često pogrešno je zamjenjuju sa vrijednosti kV, kilovolt) mjerena u *okretaja/min*, tj. rpm (eng. *Revolutions per minute*) po voltu. Npr. ukoliko je vrijednost  $K_v$  nekog elektromotora 160 to znači da će dovođenjem napona od 1 V elektromotor imati 160 rpm tj. okretaja u minuti.

$$N_{elektromotora} = K_{v_{elektromotora}} \times U_{baterije}$$

gdje su:

$N_{elektromotora}$  – broj okretaja elektromotora [<sup>0</sup>/min]

$K_{v_{elektromotora}}$  – konstanta elektromotora [rpm/V]

$U_{baterije}$  – napon baterije [V]

$$i = \frac{Z_{kotača}}{Z_{elektromotora}}$$

$i$  – prijenosni omjer remenskog prijenosa [-]

$Z_{kotača}$  – broj zubi remenice na kotaču [-]

$Z_{elektromotora}$  – broj zubi remenice na elektromotoru [-]

$$N_{kotača} = \frac{N_{elektromotora}}{i}$$

gdje su:

$N_{kotača}$  – broj okretaja kotača [ $^{\circ}/\text{min}$ ]

$N_{elektromotora}$  – broj okretaja elektromotora [ $^{\circ}/\text{min}$ ]

$i$  – prijenosni omjer remenskog prijenosa [-]

$$V_{max} = D_{kotača} \times \pi \times N_{kotača} \times Efikasnost \times 0,06$$

gdje su:

$V_{max}$  – maksimalna brzina uređaja [km/h]

$D_{kotača}$  – promjer kotača [m]

$N_{kotača}$  – broj okretaja kotača [ $^{\circ}/\text{min}$ ]

Efikasnost – iskoristivost remenskog prijenosa = 0,8

### 6.2.5. Cijena

Kao što je rečeno, kao primjer primjene AHP metode, prikazati će se proces izbora modela elektromotora i baterije koji će se koristiti za elektrifikaciju *longboarda*. Iz tog razloga prilikom procesa odabira će se gledati samo njihova cijena. Ostale komponente su fiksne, što znači da koji god model baterije i elektromotora bude odabran, ostale komponente su jednake za sve. Odabir pojedinog modela baterija i elektromotora također neće imati utjecaja na montažu tj. cijenu montaže i vrijeme montaže jer se modeli međusobno fizički ne razlikuju. Samo njihova unutarnja svojstva, tj. tehničke karakteristike su im drugačije.

### 6.3. Alternative

Alternative su 3 različita modela baterije i elektromotora. Sva tri modela će uz različite tehničke karakteristike također imati i različitu cijenu. Za elektromotor se odabire proizvođač elektromotora *Alien Power system*, a za baterije *Turnigy*. Odabiru se ova dva proizvođača zbog svoje dobre reputacije unutar RC (eng. remote control) zajednice i prvenstveno zbog toga što imaju dobavljače unutar Europske Unije što uvelike smanjuje vrijeme dostave i cijenu zbog izbjegavanje carine. U nastavku su prikazana karakteristike baterije i elektromotora svakog modela.



**Tablica 6.1. Model #1**

Elektromotor	Model	Snaga [W]	KV	Cijena
#1	APS6374HEV	3300	240	650,00 kn

Baterija	Broj baterija	Broj ćelija u seriji	Kapacitet [mAh]	C -rate	Cijena
#1	2	5	5000	30	630,00 kn

**Tablica 6.2. Model #2**

Elektromotor	Model	Snaga [W]	KV	Cijena
#2	APS6355HEV	2400W	190	535,00 kn

Baterija	Broj baterija	Broj ćelija u seriji	Kapacitet [mAh]	C -rate	Cijena
#2	2	4	5000	25	540,00 kn

**Tablica 6.3. Model #3**

Elektromotor	Model	Snaga [W]	KV	Cijena
#3	APS6355	2200W	130	485,00 kn

Baterija	Broj baterija	Broj ćelija u seriji	Kapacitet [mAh]	C -rate	Cijena
#3	1	6	5000	20	395,00 kn

**Tablica 6.4. Prikaz karakteristika svih modela**

Broj modela	Domet [km]	Snaga elektromotora [W]	Okretni moment [Nm]	Maksimalna brzina [km/h]	Cijena
#1	14,90	3300	3,2	44,5	1.280,00 kn
#2	11,90	2200	2,9	28,3	1.075,00 kn
#3	8,93	1700	3,8	14,5	880,00 kn

U tablici 6.4. su prikazani izračunati podaci preko pokazanih grubih formula za pojedine modele elektromotora i baterije, tj. za pojedine elektrificirane *longboard* uređaje. Označeni podaci predstavljaju najbolju karakteristiku određenog kriterija od ponuđenih alternativa. Bez korištenja AHP metode moglo bi se zaključiti da model #1 zadovoljava najviše kriterija te da je zbog toga i najbolji izbor, ali AHP metoda uzima u obzir odnos važnosti pojedinog kriterija

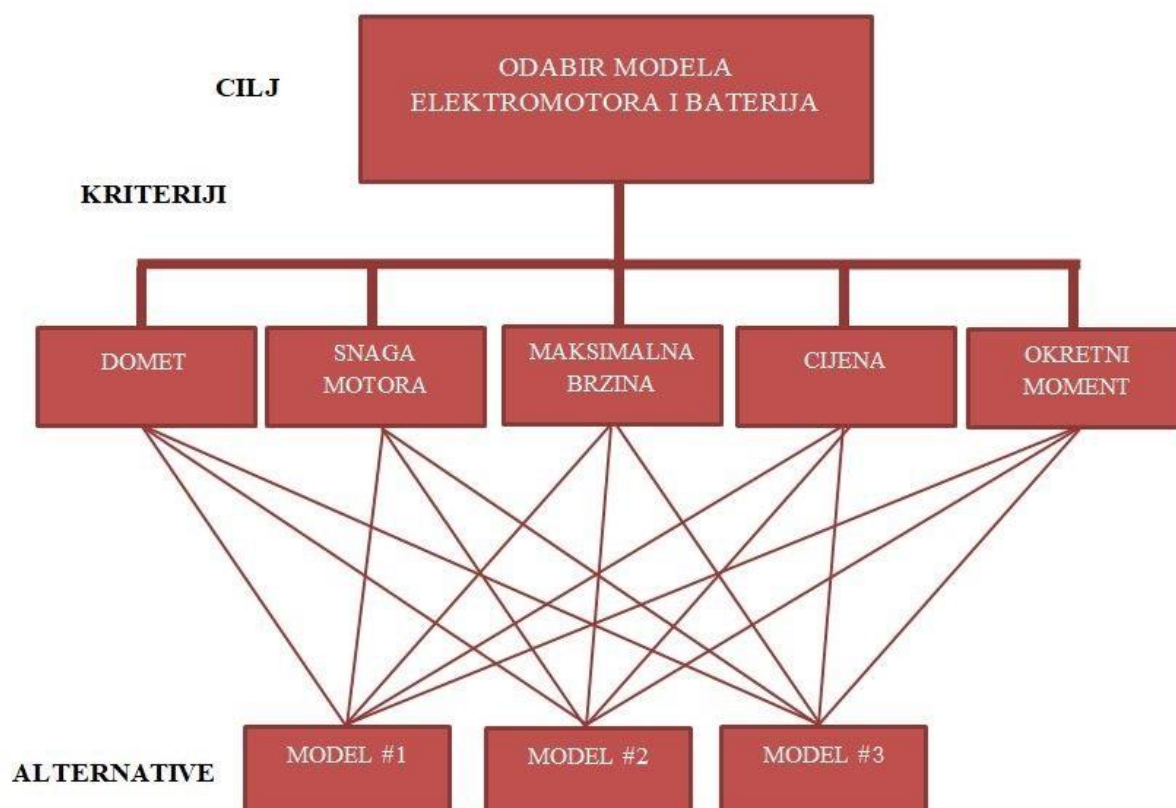
te zbog toga je moguće da krajnji rezultat ne bude onaj koji se čini najboljim. Postavljanje odnosa između kriterija je subjektivan proces temeljen na iskustvu i prethodno stečenom znanju što različitim rangiranjem važnosti kriterija dovodi do različitih rezultata. S obzirom da se u ovom projektu teži optimalnoj ravnoteži karakteristika i cijene iz razloga da se postigne konkurentnost na tržištu električnih *longboard* uređaja, pripremljena je anketa koja će pripomoći pri postavljanju odnosa između kriterija. Donošenje odluke donijeti će se pomoću soferske podrške. Expert Choice je računalni alat koji skraćuje i olakšava put donošenja odluke te na jednostavan način pomaže donositelju odluke kod kompleksnih problema. Kriteriji mogu biti kvantitativni i kvalitativni, u ovome slučaju su svi kvantitativni.

#### **6.4. Softver Expert Choice**

Expert Choice je efikasniji alat za rješavanje problema višekriterijskog odlučivanja [25]. To je za korištenje jednostavna aplikacija namijenjena za osobno računalo, koja omogućuje prioritetno sortiranje i postupak ponderiranja alternativa, te s većom pouzdanosti donošenje odluka o alternativama za postizanje željenih ciljeva. Alat može integrirati podatke iz programa Microsoft Excel, Microsoft Project i Oracle baze podataka [25]. U potpunosti je primjenjiv za AHP metodu i podržava sve potrebne korake. Omogućuje strukturiranje problema na više načina te uspoređivanje alternativa i kriterija u parovima na više načina. Ima mogućnost provođenja i vizualizacije analize osjetljivosti koje se temelje na jednostavnom interaktivnom načinu izmjene težina kriterija i alternativa.

## 7. ODABIR MODELA ELEKTROMOTORA I BATERIJA

Nakon određivanja cilja i kriterija na osnovu kojih će se donositi odluka odabira alternative, potrebno je koristeći AHP metodu donijeti odluku o izboru modela elektromotora i baterija.



**Slika 7.1. Hijerarhijska struktura**

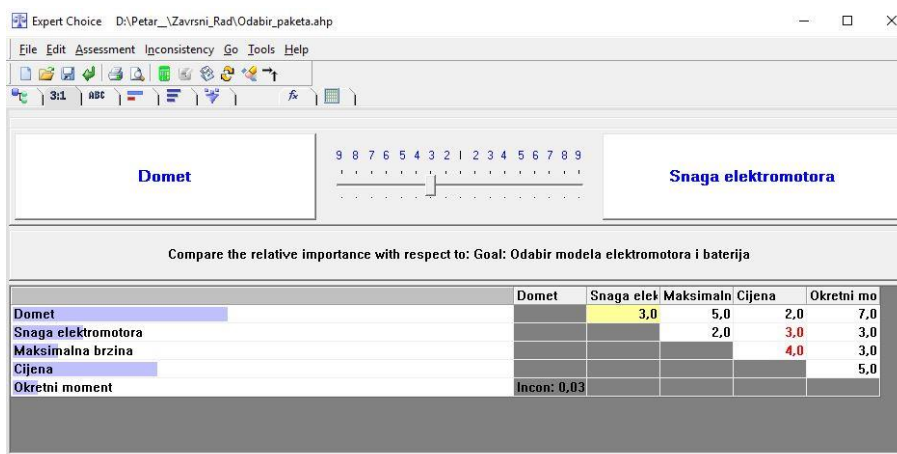
Naredni korak, nakon što su kriteriji unijeti u računalni program Expert Choice, nužno ih je vrednovati tj. ponderirati po važnosti prema Saaty-evoj skali. Za taj problem je izrađena anketa, koju se neće strogo pratiti nego samo uzeti kao vrsta vodilje (Prilog I). Dobiveni poredak kriterija prema Saatiu je sljedeći (Slika 7.2):

1. Domet
2. Cijena
3. Snaga elektromotora
4. Maksimalna brzina
5. Okretni moment



Slika 7.2. Prikaz kriterija prema važnosti

Na slici 7.2. vidljiv je poredak u programu Expert Choice. Da bi postupak bio konzistentan, indeks konzistentnosti mora biti manji od 10% što je i vidljivo na Slici 7.2. (indeks konzistentnosti je 0,030 ili 3%).



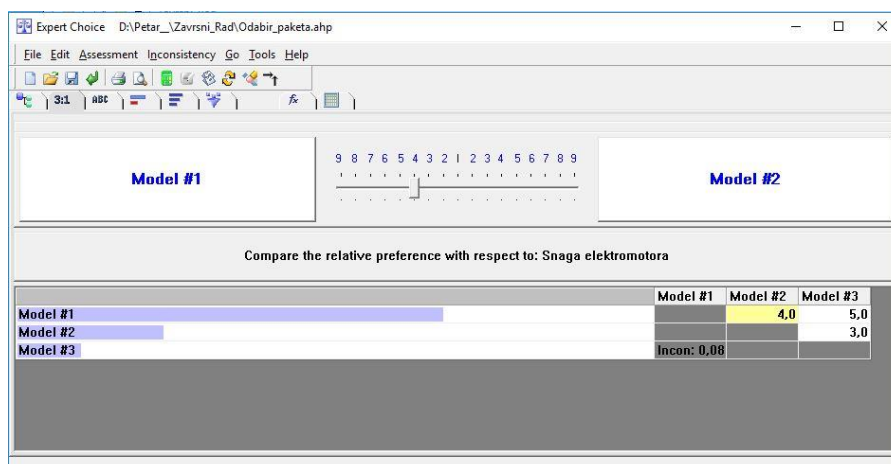
Slika 7.3. Prikaz odnosa kriterija

Na Slici 7.3. prikazan je postupak definiranja odnosa njihovih važnosti, tj. postavljanja brojčanog odnosa prema Saatyjevoj skali za sve kriterije te je time dobivena raspodjela prema važnosti. Također se na slici vidi i indeks konzistentnosti koji je manji od 10 posto što dokazuje da je postupak konzistentan.

### 7.1. Rezultati AHP metode u Expert Choiceu

Nakon što su unijeti kriteriji, međusobno vrednovani, a time i polučeni njihov poredak po važnosti, unose se i alternative. One se međusobno uspoređuju s obzirom na kriterije. Na slici 7.4. vidi se postupak uspoređivanja modela #1 i modela #2 po kriteriju snage elektromotora. S obzirom da su svi kriteriji kvantitativni, ovaj korak će biti jednostavan. Ukoliko bi postojao

kriterij kao što je dizajn npr., ovaj postupak bi uključivao i subjektivno mišljenje što bi uvelike utjecalo na krajnji odabir.



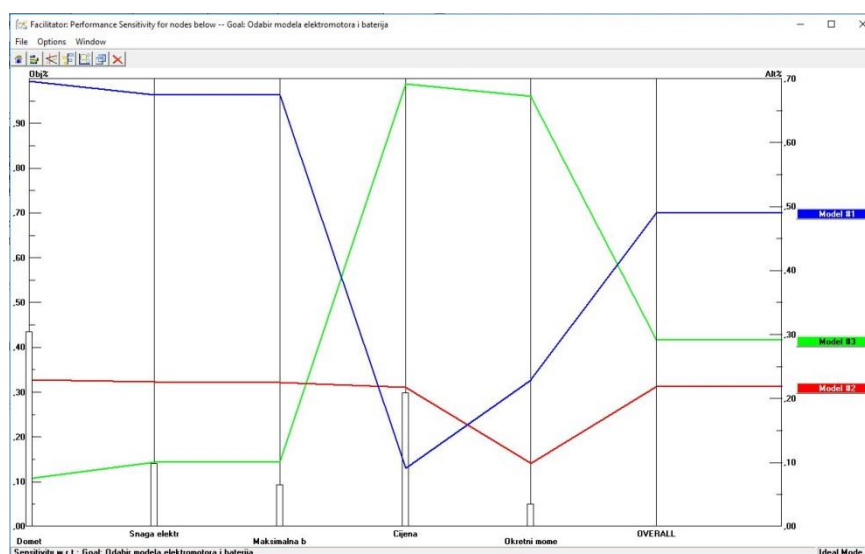
**Slika 7.4. Prikaz postupka rangiranja alternativa**

Kao što je prikazano na slici 7.5. najbolja alternativa je model #1 koja prema zadanim kriterijima najbolje odgovara za elektrifikaciju *longboarda*. Na slici se vidi da je konzistentnost 5% što znači da je rezultat opravdan i valjan.



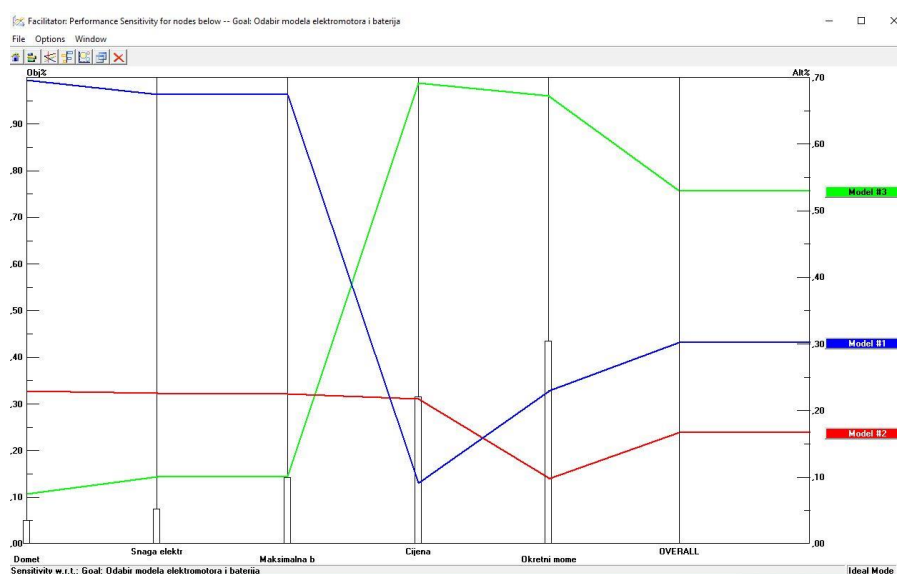
**Slika 4.5. Prikaz postupka rangiranja alternativa**

Prema grafičkoj analizi prikazanoj na slici 7.6 vidi se da je najbolji rezultat daje model #1, tj. najbolji model pri odabiru baterije i elektromotora za elektrifikaciju *longboard* je model#1. Rezultat je jednak onome kojeg smo i pretpostavili što je logično iz razloga što model #1 ima najveći domet, snagu elektromotora i maksimalnu brzinu. Ovaj krajnji rezultat je dobiven unatoč tome što ima najvišu cijenu, a cijena kao kriterij se nalazi drugi po redu važnosti.



Slika 7.6. Analiza dobivenih rezultata

Ukoliko bi se odnos kriterija promijenio, dobio bi se drugačiji krajnji rezultat što prikazuje Slika 7.7. Promjenom važnosti kriterija i redoslijed alternativa se također promijenio. Zbog veće važnosti okretnog momenta i cijene, najbolja alternativa je model #3. Ovdje se vidi značajan utjecaj promjene odnosa kriterija na krajnji rezultat. Iz tog razloga je važno da osoba, tj. donostelj odluke ima znanje i iskustvo u području u kojem se nalazi problem odabira, ponajviše ukoliko su kriteriji kvalitativni. U tom slučaju dolazi do okupljanja stručnih ljudi (*team building*) upoznati s materijom problema za dobivanje najtočnijeg rezultata. Bitan je tada timski rad, voditelj tima te jednak doprinos svih članova tima.



Slika 7.7. Prikaz analize s promijenjenim kriterijima

## 8. REALIZACIJA VIRTUALNOG PROJEKTA USLUGE ELEKTRIFIKACIJE *LONGBOARDA*

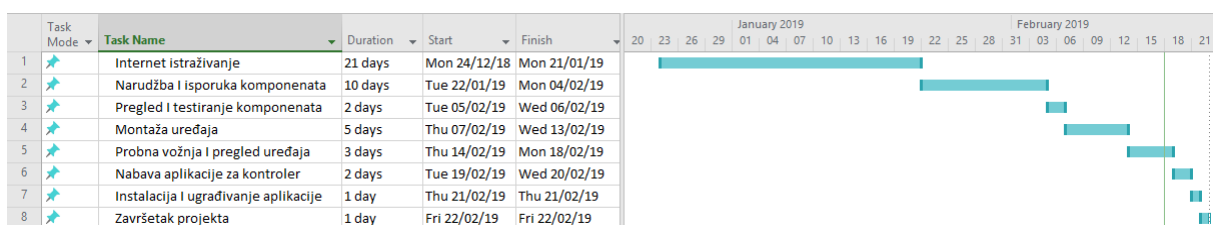
Projekt osnivanja Start Up tvrtke koja bi se bavila elektrifikacijom, servisiranjem i prodajom *longboard-ova* samo će biti idejno riješen jer premašuje zadane vremenske okvire rada. Naglasak će biti na izradi prototipa elektrificiranog *longboarda*, a to znači:

1. procijenjen završetak projekta 22.02.2019.
2. popis aktivnosti
3. procijenjena trajanja aktivnosti,
4. međusobne relacije između aktivnosti
5. testiranje rada komponenti,
6. vremena montaže,
7. probni rad prototipa električnog *longboarda*.
8. snimanje reklamnog spota.

U mogućem nastavku ovog virtualnog projekta, prišlo bi se:

- a) Izrada poslovnog plana
- b) Ispitivanje mogućnosti financijske potpore za osnivanje Start Up tvrtki
- c) Pisanje projekta za Start Up
- d) Prijava i potencijalni partneri
- e) Realizacija Start Up tvrtke.

Sa Slike 8.1. može se vizualno vidjeti popis aktivnosti za Virtualni projekt te nužan početak projekta. Procijenjen datum završetka projekta je 22.02.2019. Unosom aktivnosti u računalni program *Microsoft Project*, s obzirom na trajanje pojedine aktivnosti preporučeni datum početka projekta je ponedjeljak, 24.12.2018. Projekt predstavlja izradu prototipa elektrificiranog *longboarda*.



Slika 8.1. Prikaz projekta

Na slici 8.1. je vidljivo da je prva aktivnost najduža, tj. internet istraživanje je ključno prilikom izrade prototipa iz razloga što proces izrade elektrificiranog *longboarda* nije jednostavan proces i potrebno je proći svaki detalj da ne dolazi do kupnje krivih ili bespotrebnih dijelova. S obzirom da se dijelovi naručuju od dobavljača koji su smješteni u Europi vrijeme isporuke je relativno kratko i traje 10 dana. Ukupno trajanje projekta je 45 radnih dana, s tim da prve dve aktivnosti traju čak 31. Ukoliko bi se krenulo u proizvodnju ovog uređaja, ukupno trajanje izrade bi se definitivno smanjilo. Prve dvije aktivnosti bi nestale iz razloga što bi već bili upoznati s izradom i ne bi bilo potrebe za internet istraživanjem i komponente bi već imali i ne bi ih bilo potrebe čekati i naručivati. Također s obzirom na uhodanost i ostale aktivnosti bi trajale kraće. Znači da vrijeme izrade ne bi sigurno prelazilo 14 dana, a težilo bi se još i kraćem vremenu izrade što je nužnost ukoliko se želi postići konkurentnost na današnjem tržištu.



## 9. ZAKLJUČAK

Tržište ovakvog oblika prijevoznog sredstva kao što je elektrificirani *longboard* je relativno novo, neistraženo i nepredvidivo. S obzirom da postoje i drugi slični uređaji kao što su električni romobil, *Segway*, *hoverboard* i drugi, potrebno je određeno vrijeme da se vidi u kojem smjeru tržište ide, tj. što kupci žele. Ukoliko se želi uključiti u tržište ovakvih uređaja, nema čekanja, potrebno je djelovati odmah i proizvesti uspješan proizvod. Ne postoji tajni recept za uspješan proizvod, samo smjernice koje se mogu pratiti. Smjernice koje nalažu da proizvod mora biti kvalitetan, pouzdan, primamljiv kupcima ali i s razumnom cijenom. Da se postignu sve rečene karakteristike potrebno je donijeti prave odluke. Kako bi odluke bilo što bolje potrebno je koristiti sustave za potporu pri donošenju odluka. AHP metoda jedna je od najboljih u tim situacijama. Provođi se brzo i jednostavno putem *Expert Choice* računalnog programa.

Postavlja se pitanje kakav elektrificirani *longboard* treba projektirati i proizvesti, da je tehnološki izvediv i financijski isplativ. Podloga za odabir karakteristika ovog uređaja je upoznavanje s značajkama i vrstama trenutno prisutnih električnih *longboarda* na tržištu. Nakon prikupljenih podataka definiraju se kriteriji koji se koriste prilikom odabira karakteristika uređaja. *Expert Choice* omogućuje dodjeljivanje prioriteta kriterijima i alternativama te pouzdano donosi odluke. Odluka se bazira na odabiru idealnog para komponenti elektromotora i baterije.

Ključni korak kod odabira komponenti je određivanje kriterija koji su međusobno ovisni, ali i suprostavljani. Pitanje koje se postavlja za daljnje istraživanje je jesu li obuhvaćeni svi potrebni kriteriji te kako znati jesu li oni dobro postavljeni.

---

**LITERATURA**

- [1] Britannica; <https://www.britannica.com/sports/skateboarding> (25.1.2019.)
- [2] Boostedboards; <https://boostedboards.com/> (26.1.2019.)
- [3] Skatedeluxe; <https://www.skatedeluxe.com/blog/en/wiki/skateboarding/history-of-skateboarding/> (31.1.2019.)
- [4] Skatewhat; <http://www.skatewhat.com/russhowell/WebPage-SkateboardHistoryTimeline.html> (31.1.2019.)
- [5] Sportsthenandnow; <http://sportsthenandnow.com/2014/02/10/the-history-of-longboarding/> (2.2.2019.)
- [6] Scholastic; <http://teacher.scholastic.com/scholasticnews/indepth/Skateboarding/articles/index.asp?article=history&topic=0> (3.2.2019.)
- [7] Decision Support System Resources; <http://dssresources.com/> (5.2.2019.)
- [8] Daniel J. Power, Decision Support Systems: A Historical Overview, Department of Northern Iowa, Cedar Falls, IA, USA
- [9] Petrak, Luka: Završni rad: Podrška odlučivanju u projektiranju i proizvodnji bespilotnih letjelica, FSB. Zagreb, 2018.
- [10] Lojen, Stjepan: Završni rad: Podrška odlučivanju kod odabira primarnog procesa u projektiranju tehnološkog procesa, FSB. Zagreb, 2015.
- [11] Thomas L. Saaty, Encyclopedia of operations research and management science, Springer, Boston, MA, 2013.
- [12] Trstenjak, Maja; Završni rad: Podrška odlučivanju pri odabiru alatnih strojeva u investicijskom projektu, FSB. Zagreb, 2015.
- [13] Begičević, Nina; Doktorska disertacija: Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja e-učenja, FOI. Varaždin, 2008.
- [14] Lisjak, Dragutin; Predavanja "Održavanje", FSB. Zagreb, 2014.
- [15] Kušmišević, Matija; Završni rad: Potpora odlučivanju kod razrade projekta „Car Sharing“, FSB. Zagreb, 2016.
- [16] Warehouseskateboards; <https://www.warehouseskateboards.com/help/Longboard-Skateboard-Decks-Buying-GuideDecker> (18.2.2019.)
- [17] Top sports brands; <https://topsportsbrands.com/skateboarding/longboarding-tips/master-longboarding-get-7-best-longboarding-tips-now/> (10.2.2019.)

- 
- [18] Essert, Mario; Predavanja, Elektrotehnika, Predavanje, "Električni strojevi", FSB. Zagreb, 1990.
- [19] Sremić, Dominik; Završni rad: Konstrukcija i upravljanje električnim romobilom, FSB. Zagreb, 2015.
- [20] Alien Powered; <https://alienpowersystem.com/> (12.2.2019.)
- [21] VESC – Open Source ESC; <http://vedder.se/2015/01/vesc-open-source-esc/> (12.2.2019.)
- [22] Electric-skateboard; <https://www.electric-skateboard.builders/t/wiki-a-beginner-guide-to-diy-an-esk8/46844> (13.2.2019.)
- [23] FER, unizg; [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/04\\_Baterije.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/04_Baterije.pdf) (14.2.2019.)
- [24] Blažek, Miran; Diplomski rad: Modeli sustava upravljanja regenerativnim kočenjem sinkronog motora s trajnim magnetima za električni bicikl, FER. Zagreb, 2016.
- [25] Expert Choice; <https://expertchoice.com/> (14.2.2019.)
- [26] Google Survey; <https://www.google.hr/intl/hr/forms/about/>

---

## **PRILOZI**

- I. Izgled izrađene ankete
- II. Slike trenutnih električnih *longboard* uređaja na tržištu
- III. Okvirni proračun električnog longboarda

## PRILOG I: Izgled izrađene ankete

### Električni longboard

Električni longboard je osobno prijevozno sredstvo koncipirano na modelu skateboard-a. To je daska na koju su pričvršćena četiri mala kotača, koji se pokreću električnim motorom, a kontroliraju daljinskim upravljačem od strane vozača kao što je prikazano na slici.

\* Required



Ukoliko biste kupovali električni longboard na skali od 1 do 10 označite koliko bi vam sljedeće karakteristike bile važne.

1 - Nimalo važna

10 - Iznimno važna

Domet - Maksimalni put koji električni longboard može prijeći s jednim punjenjem \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Snaga motora \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ubrzanje \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Maksimalna brzina \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Slika 10.1. Izgled izrađene ankete [26]

Cijena \*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Maksimalna svladiva uzbrdica \*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Dizajn - Izgled uređaja

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Brand - Popularnost marke

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Slika 10.2. Izgled izrađene ankete [26]**

## PRILOG II: Trenutno stanje tržišta električnih longboarda



Slika 10.1. Inboard M1[16]



Slika 10.2. Boosted Mini S[16]



Slika 10.3. Acton Blink Qu4TRO[16]



Slika 10.4. Acton Blink S-R[16]



**Slika 10.5. Boosted 2 Dual+[16]**



### PRILOG III: Okvirni proračun električnog longboarda

Na tablici 10.1. je prikazan okvirni proračun elektrifikacije uređaja, tj. popis svih komponenti potrebnih za elektrifikaciju uređaja. S obzirom na to da su prikazani troškovi elektrifikacije prvog prototipa moguća su velika smanjenja troškova pri serijskoj izradi elektrifikacije. Prvenstveno prilikom naručivanja komponenti u većem broju gdje bi se mogla sniziti cijena, upotreba jeftinijeg kontrolera i veća njegova iskoristivost. Također postoji i mogućnost samostalna izrada mehaničkog spoja gdje bi se mogli smanjiti troškovi. Naravno kroz sve ove moguće aspekte bi se prolazilo na sljedećem koraku ukoliko bi se išlo ka takvoj ideji.

**Tablica 10.1. Okvirni proračun elektrifikacije**

Komponenta	Cijena
Punjač	600,00 kn
Elektromotor	650,00 kn
Baterije	600,00 kn
Kotači	400,00 kn
Mehanički spoj	350,00 kn
Elektronički kontroler	1.000,00 kn
Elektroničke komponente	150,00 kn
Caliber osovina	220,00 kn
Daljinski upravljač	280,00 kn
Shipping	350,00 kn
<b>Ukupno</b>	<b>4.600,00 kn</b>

